

(19)



(11)

EP 2 840 162 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.02.2015 Patentblatt 2015/09

(51) Int Cl.:
C23C 10/30 ^(2006.01)
C23C 26/00 ^(2006.01) **C23C 24/08** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13181134.1**

(22) Anmeldetag: **21.08.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Werner, André**
80639 München (DE)
• **Smarsly, Wilfried**
81669 München (DE)
• **Friedberger, Katrin**
82140 Olching (DE)
• **Lopez Lavernia, Natividad**
80995 München (DE)

(54) **Verfahren zum Beschichten eines Turbinenbauteils mit einer Verschleißschuttschicht**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten eines Turbinenbauteils mit einer Verschleißschuttschicht. Das Verfahren umfasst dabei zumindest die Schritte Bereitstellen eines Beschichtungsmittels, welches zumindest ein Bindemittel, zumindest einen Reaktivstoff und zumindest einen partikelförmigen Matrixbildner umfasst, Aufbringen des Beschichtungsmittels auf eine Oberfläche des Turbinenbauteils, Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine erste Temperatur, bei welcher das zumindest eine Bindemittel aushärtet, und

Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine über der ersten Temperatur liegende zweite Temperatur, bei welcher der zumindest eine Matrixbildner mittels des zumindest einen Reaktivstoffs die Verschleißschuttschicht auf der Oberfläche des Turbinenbauteils ausbildet. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Beschichtungsmittel zur Verwendung in einem solchen Verfahren, ein Turbinenbauteil mit einer Verschleißschuttschicht sowie eine thermische Gasturbine, insbesondere ein Flugzeugtriebwerk, mit wenigstens einem solchen Turbinenbauteil.

EP 2 840 162 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten eines Turbinenbauteils mit einer Verschleißschuttschicht. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Beschichtungsmittel zur Herstellung einer Verschleißschuttschicht, ein Turbinenbauteil mit einer solchen Verschleißschuttschicht sowie eine thermische Gasturbine mit einem derartigen Turbinenbauteil.

[0002] Hochtemperaturtaugliche Verschleißschuttschichten von Turbinenbauteilen werden typischerweise durch Gasphasenabscheidung, thermisches Spritzen oder durch galvanische Verfahren hergestellt. Beispielsweise ist es aus der EP 1 054 077 A2 bekannt, ein Turbinenbauteil aus einer Titanlegierung mit einer Verschleißschuttschicht aus Austenit zu versehen. Die Verschleißschuttschicht kann beispielsweise durch physikalische oder chemische Gasphasenabscheidung, Elektrophattieren oder Sputtern aufgebracht bzw. hergestellt werden. Weiterhin ist es bekannt, derartige Verschleißschuttschichten durch Auftragschweißen oder -löten herzustellen. Beispielsweise offenbart die US 5 281 484 A1 ein Verfahren, bei welchem stark beanspruchte Bauteilbereiche mit einer im Vakuum aufgelöteten Verschleißschuttschicht aus einer Nickelbasislegierung versehen werden.

[0003] Als nachteilig an den bekannten Verfahren zum Herstellen von Verschleißschuttschichten ist jedoch der Umstand anzusehen, dass diese vergleichsweise aufwändig sind und daher zu relativ hohen Herstellungskosten führen.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein alternatives Verfahren anzugeben, welches eine einfachere und kostengünstigere Beschichtung eines Turbinenbauteils mit einer Verschleißschuttschicht ermöglicht. Weitere Aufgaben der Erfindung bestehen darin, ein entsprechendes Beschichtungsmittel zur Herstellung einer Verschleißschuttschicht, ein entsprechend einfacher und kostengünstiger herstellbares Turbinenbauteil sowie eine thermische Gasturbine mit einem solchen Turbinenteil anzugeben.

[0005] Die Aufgaben werden erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch ein Beschichtungsmittel gemäß Anspruch 11, durch ein Turbinenbauteil mit den Merkmalen des Patentanspruchs 12 sowie durch eine thermische Gasturbine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens als vorteilhafte Ausgestaltungen des Turbinenbauteils bzw. der thermischen Gasturbine und umgekehrt anzusehen sind.

[0006] Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten eines Turbinenbauteils mit einer Verschleißschuttschicht, bei welchem zumindest die Schritte Bereitstellen eines Beschichtungsmittels, welches zumindest ein Bindemittel, zumindest einen Reak-

tivstoff und zumindest einen partikelförmigen Matrixbildner umfasst, Aufbringen des Beschichtungsmittels auf eine Oberfläche des Turbinenbauteils, Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine erste Temperatur, bei welcher das zumindest eine Bindemittel aushärtet, und Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine über der ersten Temperatur liegende zweite Temperatur, bei welcher der zumindest eine Matrixbildner mittels des zumindest einen Reaktivstoffs die Verschleißschuttschicht auf der Oberfläche des Turbinenbauteils ausbildet, durchgeführt werden. Mit anderen Worten ist es im Unterschied zum Stand der Technik vorgesehen, ein Beschichtungsmittel bereitzustellen, welches auch als reaktives Dispersionsbeschichtungsmittel bezeichnet werden kann. Das Beschichtungsmittel umfasst hierzu zumindest das Bindemittel, das beim Erwärmen auf die erste Temperatur bzw. einen ersten Temperaturbereich aushärtet und hierdurch die anderen Bestandteile des Beschichtungsmittels, nämlich zumindest den Reaktivstoff und den Matrixbildner, zur einfachen und sicheren Handhabung vor und während des zweiten Erwärmungsschritts am betreffenden Oberflächenbereich des Turbinenbauteils fixiert. Durch sein Aushärten (Curing) trägt das Bindemittel dabei zur mechanischen Stabilität der Schicht bei. Dabei kann es grundsätzlich vorgesehen sein, dass das gesamte Turbinenbauteil oder nur ein oder mehrere Oberflächenbereiche des Turbinenbauteils mit dem Beschichtungsmittel versehen werden. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass unterschiedliche Oberflächenbereiche des Turbinenbauteils mit unterschiedlichen Beschichtungsmitteln beschichtet und/oder auf unterschiedliche erste bzw. zweite Temperaturen erwärmt werden. Die erste Temperatur wird dann für einen vorbestimmten Zeitraum konstant bzw. innerhalb des vorbestimmten ersten Temperaturbereichs gehalten. Durch das anschließende weitere Erwärmen auf die über der ersten Temperatur bzw. dem ersten Temperaturbereich liegende zweite Temperatur wird die endgültige Verschleißschuttschicht erzeugt. Auch die zweite Temperatur wird für einen vorbestimmten Zeitraum konstant bzw. innerhalb eines zweiten Temperaturbereichs gehalten. Dabei kommt es zu einer durch den Reaktivstoff vermittelten Schichtbildung durch den Matrixbildner, dessen Partikel mittels des Reaktivstoffs verbunden bzw. an das Grundmaterial des Turbinenbauteils angebunden werden, so dass neben einer hohen thermischen Stabilität auch eine hohe mechanische Stabilität der Verschleißschuttschicht erreicht wird. Gegenüber heute bekannten lackier- oder pastenförmig aufgetragenen Schutzschichten wird durch diese, im Vergleich zu Löt- oder Schweißoperationen bei niedrigen Temperaturen initiierte, zweistufige chemische Reaktionsführung eine Verschleißschuttschicht mit hoher Haftfestigkeit am Grundmaterial und einer hohen inneren Festigkeit erzeugt. Die Verschleißschuttschicht kann dabei zumindest teilweise durch Grundmaterialelemente erzeugt werden. Der Auftrag und die Aushärtung des Beschichtungsmittels sind dabei sehr einfach und flexibel, so dass

das Verfahren entsprechend kostengünstig durchgeführt werden kann. Darüber hinaus erfordert die Herstellung der Verschleißschuttschicht keine Höchsttemperaturen, die ansonsten zu Gefügeänderungen des Grundwerkstoffs des Turbinenbauteils führen könnten.

[0007] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Beschichtungsmittel in streichfähiger Form, insbesondere als Lack und/oder Paste bereitgestellt wird. Dies ermöglicht einen besonders einfachen und schnellen Auftrag des Beschichtungsmittels auf den oder die zu schützenden Oberflächenbereiche des Triebwerksbauteils. Herkömmliche streichfähig ausgebildete Beschichtungsmittel erlaubten nur die Herstellung von Schichten mit einer begrenzten mechanischen Stabilität und fanden daher im Hochtemperaturbereich bei zusätzlicher mechanischer Belastung bislang keine Anwendung. Durch die beispielsweise lack- oder pastenartige Ausgestaltung des Beschichtungsmittels in Verbindung mit der zweistufigen Aushärtung im Rahmen des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens der Verschleißschuttschicht können nunmehr erstmals die Vorteile eines einfachen Auftrags auf das zu schützende Triebwerksbauteil mit den Vorteilen einer thermisch und mechanisch beständigen Verschleißschuttschicht kombiniert werden.

[0008] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Beschichtungsmittel durch Bestreichen und/oder Sprühen und/oder Zerstäuben und/oder Spachteln auf die Oberfläche des Turbinenbauteils gebracht wird. Dies erlaubt einen besonders schnellen und flexiblen Auftrag des Beschichtungsmittels auf den oder die zu schützenden Oberflächenbereiche des Triebwerksbauteils, wobei auch Triebwerksbauteile mit komplexen Oberflächengeometrien einfach mit dem Beschichtungsmittel versehen werden können.

[0009] Weitere Vorteile ergeben sich, indem ein Beschichtungsmittel mit einem organischen und/oder anorganischen Bindemittel bereitgestellt wird. Für organische Bindemittel erfolgt typischerweise eine Auflösung/Zersetzung des Bindemittels beim Erwärmen auf die erste Temperatur. Bestandteile des organischen Bindemittels können beim anschließenden Erwärmen auf die höhere zweite Temperatur zur Reaktion beitragen (z.B. durch Carbidbildung oder dergleichen). Bei anorganischen Bindemitteln (z. B. polyphosphat- oder silikatbasierten Bindern) wird das Bindemittel nicht zersetzt, sondern kann eine eigen Phase in der finalen Verschleißschuttschicht bilden. Des Weiteren können Bindemittel eingesetzt werden, die sowohl organische als auch anorganische Eigenschaftsprofile aufweisen. Dies trifft beispielsweise auf Polysilazane oder Polysiloxane zu. Diese Stoffe haben bei niedrigen Temperaturen vorwiegend organische Eigenschaften. Bei höheren Temperaturen, beispielsweise bei oder über der zweiten Temperatur, werden diese Stoffe keramisiert und reagieren damit in erster Linie anorganisch.

[0010] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird ein Bindemittel verwendet, welches

sich bei der ersten Temperatur chemisch zersetzt und/oder bei der ersten Temperatur chemisch vernetzt und/oder bei der zweiten Temperatur eine Phase der Verschleißschuttschicht bildet. Hierdurch können die Eigenschaften des Beschichtungsmittels und der daraus gebildeten Verschleißschuttschicht optimal an die jeweilige Ausgestaltung und den späteren Einsatzzweck des Turbinenbauteils angepasst werden.

[0011] Weitere Vorteile ergeben sich, wenn ein Reaktivstoff verwendet wird, welcher bei der zweiten Temperatur mit einem Grundmaterial des Turbinenbauteils reagiert und/oder sich bei der zweiten Temperatur exotherm umwandelt und/oder bei der zweiten Temperatur als Reduktionsmittel für Oxide fungiert und/oder bei der zweiten Temperatur als Katalysator für eine Reaktion des Matrixbildners fungiert. Mit anderen Worten können Reaktivstoffe unterschiedlicher Kategorien vorgesehen sein, die einzeln oder in beliebiger Kombination als Bestandteil des Beschichtungsmittels verwendet werden. Beispielsweise können Reaktivstoffe verwendet werden, die zumindest beim Erwärmen auf die zweite Temperatur mit dem Grundmaterial des Turbinenbauteils reagieren. Weiterhin können Reaktivstoffe mit innerer Reaktivität als Reaktionsbeschleuniger mit exothermer Reaktion zur lokalen Wärmeerzeugung verwendet werden. Ein Beispiel hierfür sind NiAl-Pigmente (Metco 404NS), die bei Erwärmung in den Bereich von ca. 700 °C eine stark exotherme Reaktion unter Bildung von NiAl bei gleichzeitiger Versinterung der Partikel des Matrixbildners bewirken. Alternativ oder zusätzlich können Reaktivstoffe mit reduzierender Wirkung zur Auflösung von Oxidschichten und zur besseren Verbindungsbildung (z. B. durch Versintern) verwendet werden. Beispiele hierfür sind Al-Pigmente und AlNi-Pigmente (Metco 450NS), das heißt Ni-Pulver, die mit Al-Pulver ummantelt sind. Al-Pulver oxidiert aufgrund seiner hohen Affinität zu Sauerstoff während oder nach dem Erwärmen auf die zweite Temperatur (Einbrennprozess) und reduziert dabei bestehende Oxidschichten an der Oberfläche des Turbinenbauteils, wodurch die Haftung der Verschleißschuttschicht verbessert wird. Ebenso können als Reaktivstoff(e) Hydride wie beispielsweise Lithiumaluminiumhydrid, Natriumborhydrid oder Natriumhydrid vorgesehen sein. Weiterhin sind Reaktivstoffe möglich, die als Katalysator zur Reaktionsbeschleunigung beitragen.

[0012] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden als Reaktivstoff zumindest TiAl-haltige Pigmente verwendet, wenn das Grundmaterial des Turbinenbauteils ein Nickel-Grundwerkstoff ist. Alternativ oder zusätzliche werden als Reaktivstoff zumindest Ni-haltige Pigmente verwendet, wenn das Grundmaterial des Turbinenbauteils ein Titan-und/oder Titan-Aluminium-Grundwerkstoff ist. Hierdurch wird eine Reaktion mit dem Grundmaterial des Turbinenbauteils und damit eine mechanisch besonders stabile Haftung der Verschleißschuttschicht erreicht.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass als Matrixbildner we-

nigstens ein metallisches und/oder intermetallisches Pulver und/oder wenigstens ein metallisches und/oder intermetallisches Pigment verwendet wird. Hierdurch kann der Matrixbildner mit Hilfe des Reaktivstoffs versintert oder anderweitig zur Verschleißschuttschicht verbunden werden.

[0014] Dabei hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn der Matrixbildner aus einer Gruppe ausgewählt wird, die hochtemperaturstabile Pigmente, insbesondere MCrAlY-Legierungspulverwerkstoffe mit M=Ni und/oder Co, intermetallische Hartstoffpulver, insbesondere Carbide, Silizide und Nitride, und intermetallische Anteile enthaltende Pulver umfasst. Derartige Pulver und/oder Pigmente, die durch den oder die Reaktivstoffe beispielsweise durch Versintern verbunden werden, ermöglichen die Ausbildung thermisch und mechanisch besonders widerstandsfähiger Verschleißschuttschichten.

[0015] Weitere Vorteile ergeben sich, wenn die erste Temperatur in einem Temperaturbereich zwischen 150°C und 350°C gewählt wird und/oder wenn die zweite Temperatur in einem Temperaturbereich zwischen 550°C und 750°C gewählt wird. Unter einem Temperaturbereich zwischen 150°C und 350°C sind beispielsweise Temperaturen von 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C, 175°C, 180°C, 185°C, 190°C, 195°C, 200°C, 205°C, 210°C, 215°C, 220°C, 225°C, 230°C, 235°C, 240°C, 245°C, 250°C, 255°C, 260°C, 265°C, 270°C, 275°C, 280°C, 285°C, 290°C, 295°C, 300°C, 305°C, 310°C, 315°C, 320°C, 325°C, 330°C, 335°C, 340°C, 345°C oder 350°C sowie entsprechende Zwischenwerte wie beispielsweise 200°C, 201°C, 202°C, 203°C, 204°C, 205°C, 206°C, 207°C, 208°C, 209°C, 210°C usw. zu verstehen. Unter einem Temperaturbereich zwischen 550°C und 750°C sind beispielsweise Temperaturen von 550°C, 555°C, 560°C, 565°C, 570°C, 575°C, 580°C, 585°C, 590°C, 595°C, 600°C, 605°C, 610°C, 615°C, 620°C, 625°C, 630°C, 635°C, 640°C, 645°C, 650°C, 655°C, 660°C, 665°C, 670°C, 675°C, 680°C, 685°C, 690°C, 695°C, 700°C, 705°C, 710°C, 715°C, 720°C, 725°C, 730°C, 735°C, 740°C, 745°C oder 750°C sowie entsprechende Zwischenwerte wie beispielsweise 600°C, 601°C, 602°C, 603°C, 604°C, 605°C, 606°C, 607°C, 608°C, 609°C, 610°C usw. zu verstehen. Hierdurch können thermisch und mechanisch beständige Verschleißschuttschichten hergestellt werden, ohne dass das Turbinenbauteil auf extreme Temperaturen erwärmt werden muss. Dies schließt das Auftreten unerwünschter Gefügeänderungen im Grundwerkstoff des Turbinenbauteils zuverlässig aus.

[0016] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Beschichtungsmittel zur Verwendung in einem Verfahren gemäß einem der Ausführungsbeispiele des ersten Erfindungsaspekts. Das Beschichtungsmittel umfasst erfindungsgemäß zumindest ein Bindemittel, zumindest einen Reaktivstoff und zumindest einen partikelförmigen Matrixbildner, wobei das zumindest eine Bindemittel ausgebildet ist, beim Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine erste Temperatur auszuhärten, und wobei der

zumindest eine Matrixbildner ausgebildet ist, beim Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine über der ersten Temperatur liegende zweite Temperatur mittels des zumindest einen Reaktivstoffs eine Verschleißschuttschicht auf einer Oberfläche eines Turbinenbauteils auszubilden. Das Beschichtungsmittel umfasst mit anderen Worten grundsätzlich zumindest ein Bindemittel, einen Reaktivstoff und einen Matrixbildner, die im Rahmen einer zweistufigen Erwärmung spezifische chemische Reaktionen ermöglichen bzw. ausführen. Das Bindemittel kann grundsätzlich organisch und/oder anorganisch basiert sein. Für organische Bindemittel erfolgt typischerweise eine Auflösung/Zersetzung des Bindemittels beim Erwärmen auf die erste Temperatur. Bestandteile bzw. Zersetzungsprodukte des organischen Bindemittels können beim anschließenden Erwärmen auf die zweite Temperatur zur Reaktion beitragen (z. B. Carbidbildung). Bei anorganischen Bindemitteln (polyphosphat- oder silikatbasiert) wird das Bindemittel nicht zersetzt, sondern bildet eine eigene Phase in der finalen Verschleißschuttschicht. Des Weiteren können Bindemittel eingesetzt werden, die beide Eigenschaftsprofile aufweisen, wie z. B. Polysilazane oder Polysiloxane. Diese Stoffe haben bei niedrigen Belastungstemperaturen vorwiegend organische Eigenschaften. Nach einer Hochtemperaturbelastung werden die Stoffe keramisiert und reagieren dabei in erster Linie anorganisch. Grundsätzlich verwendbare Reaktivstoffe können in mehrere Kategorien eingeteilt werden und einzeln oder in beliebiger Kombination im Beschichtungsmittel verwendet werden. Eine Kategorie umfasst Reaktivstoffe, die mit dem Grundmaterial des Turbinenbauteils reagieren können. Dies sind beispielsweise TiAl-Pigmente zur Reaktion mit Ni-Basiswerkstoffen oder Ni-Pigmente zur Reaktion mit Ti-/TiAl-Grundwerkstoffen. Eine weitere Kategorie umfasst Reaktivstoffe mit innerer Reaktivität als Reaktionsbeschleuniger mit exothermer Reaktion (lokaler Wärmeerzeugung). Dies sind beispielsweise NiAl-Pigmente (Metco 404NS), die bei Erwärmung in den Bereich von ca. 700 °C eine stark exotherme Reaktion unter Bildung von NiAl bei gleichzeitiger Versinterung der Partikel des Matrixbildners bewirken. Eine weitere Kategorie umfasst Reaktivstoffe mit reduzierender Wirkung zur Auflösung von Oxidschichten sowie zur besseren Verbindungsbildung (z.B. durch Versintern). Dies umfasst beispielsweise: Al-Pigmente und AlNi-Pigmente (Metco 450NS), bei denen es sich um Ni-Pulver handelt, das mit Al-Pulver ummantelt ist. Das Al-Pulver oxidiert aufgrund seiner hohen Affinität zu Sauerstoff während des Einbrennprozesses und reduziert dabei angrenzende Oxidschichten und dergleichen. Alternativ oder zusätzlich können als Reaktivstoffe Hydride wie beispielsweise Lithiumaluminiumhydrid, Natriumborhydrid oder Natriumhydrid verwendet werden. Eine weitere Kategorie umfasst Reaktivstoffe, die als Katalysatoren zur Reaktionsbeschleunigung fungieren. Diese Reaktivstoffe können gleichzeitig auch einer der anderen Kategorien angehören. Als Matrixbildner bzw. Füllstoffe können metallische Pulver/Pigmente verwendet werden,

die durch die Reaktivstoffe z. B. durch Versinterung verbunden werden. Beispiele für geeignete Matrixbildner sind hochtemperaturstabile Pigmente wie MCrAlY-Pulver ($M=Ni/Co$), verschleißvermindernde intermetallische Hartstoffpulver wie Carbide, Suizide, Nitride oder intermetallische Anteile enthaltende Pulver wie T800, Stellite etc. Weitere sich ergebenden Merkmale und deren Vorteile sind den Beschreibungen des ersten Erfindungsaspekts zu entnehmen, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Erfindungsaspekts als vorteilhafte Ausgestaltungen des zweiten Erfindungsaspekts anzusehen sind.

[0017] Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Turbinenbauteil mit einer Verschleißschuttschicht, welches für eine thermische Gasturbine, insbesondere für ein Flugzeugtriebwerk, vorgesehen ist. Dabei ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Verschleißschuttschicht mittels eines Verfahrens nach einem Ausführungsbeispiel des ersten Erfindungsaspekts erhältlich und/oder erhalten ist. Hierdurch kann das Turbinenbauteil besonders einfach und kostengünstig hergestellt werden. Weitere sich ergebende Merkmale und deren Vorteile sind den Beschreibungen des ersten und des zweiten Erfindungsaspekts zu entnehmen, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten und des zweiten Erfindungsaspekts als vorteilhafte Ausgestaltungen des dritten Erfindungsaspekts und umgekehrt anzusehen sind.

[0018] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Turbinenbauteil als Laufschaufel und/oder als Leitschaufel und/oder als Schaufelkranzsegment und/oder als Rotornabe ausgebildet ist. Hierdurch können unterschiedliche und während des Betriebs einer zugeordneten Gasturbine jeweils stark belastete Turbinenbauteile vorteilhaft mit der Verschleißschuttschicht versehen werden.

[0019] Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft eine thermische Gasturbine, insbesondere ein Flugzeugtriebwerk, umfassend wenigstens ein Turbinenbauteil mit einer Verschleißschuttschicht. Dabei ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Verschleißschuttschicht mittels eines Verfahrens nach einem Ausführungsbeispiel des ersten Erfindungsaspekts erhältlich und/oder erhalten ist und/oder dass das Turbinenbauteil gemäß einem Ausführungsbeispiel des zweiten Erfindungsaspekts ausgebildet ist. Die sich hieraus ergebenden Merkmale und deren Vorteile sind den Beschreibungen des ersten, zweiten und dritten Erfindungsaspekts zu entnehmen, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten, zweiten und dritten Erfindungsaspekts als vorteilhafte Ausgestaltungen des vierten Erfindungsaspekts und umgekehrt anzusehen sind.

[0020] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und den Ausführungsbeispielen. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in den Ausführungsbeispielen genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kom-

binationen verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0021] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird ein Beschichtungsmittel, welches als reaktiver Dispersionslack für Hochtemperaturanwendungen fungiert, im lack- oder pastenartigen Zustand bereitgestellt und auf einen oder mehrere Oberflächenbereiche eines Turbinenbauteils aufgebracht. Das Beschichtungsmittel umfasst dabei zumindest ein Bindemittel, einen Reaktivstoff und einen Matrixbildner, die im Folgenden näher erläutert werden. Das Turbinenbauteil kann beispielsweise als Rotorschaufel ausgebildet sein und aus einem hochtemperaturfesten Ni-Basiswerkstoff bestehen. Das Beschichtungsmittel ist derart ausgebildet, dass beim anschließenden zweistufigen Erwärmen sowohl eine Reaktion im Beschichtungsmittel-System als auch mit dem Grundwerkstoff des Turbinenbauteils erfolgt. Die Applikation des lack- oder pastenförmigen Beschichtungsmittels kann beispielsweise durch Aufpinseln, Sprühen, Spachteln oder andere geeignete Auftragsverfahren erfolgen. Nach dem Auftragen erfolgt ein zweistufiger Einbrennprozess. In einem ersten Schritt wird ein Bindemittel des Beschichtungsmittels zur einfachen Handhabung bei den folgenden Verfahrensschritten durch Erwärmen auf eine erste Temperatur ausgehärtet (Curing). In Abhängigkeit der Ausgestaltung des Bindemittels erfolgt hierbei eine Polymerisation des Bindemittels. Ein typischer Temperaturbereich für die erste Temperatur liegt zwischen etwa 200 °C und etwa 300 °C. Sobald die Aushärtung im gewünschten Umfang erfolgt ist, wird das Turbinenbauteil weiter auf eine zweite Temperatur erwärmt, um einen Glüh- bzw. Reaktionsprozess zu initiieren. Hierbei erfolgt eine chemischen Reaktion zwischen Reaktivstoff und Matrixbildner einerseits und mit dem Grundwerkstoff des Turbinenbauteils andererseits, wodurch die endgültige Verschleißschuttschicht gebildet wird. Ein typischer Temperaturbereich für die zweite Temperatur liegt zwischen etwa 600 °C und etwa 700 °C.

[0022] Das Beschichtungsmittel umfasst hierzu grundsätzlich zumindest folgende Inhaltsstoffe:

1. Bindemittel

[0023] Das Bindemittel kann organisch oder anorganisch basiert sein. Für organische Bindemittel erfolgt typischerweise eine Auflösung/Zersetzung des Bindemittels beim Erwärmen auf die erste Temperatur. Bestandteile bzw. Zersetzungsprodukte des organischen Bindemittels können beim anschließenden Erwärmen auf die zweite Temperatur zur Reaktion beitragen (z. B. Carbidebildung). Bei anorganischen Bindemitteln (polyphosphat- oder silikatbasiert) wird das Bindemittel nicht zersetzt, sondern bildet eine eigene Phase in der finalen Verschleißschuttschicht. Des Weiteren können Bindemittel eingesetzt werden, die beide Eigenschaftsprofile aufweisen, wie z. B. Polysilazane oder Polysiloxane. Diese Stoffe haben bei niedrigen Belastungstemperaturen vorwiegend organische Eigenschaften. Nach einer

Hochtemperaturbelastung werden die Stoffe keramisiert und reagieren dabei in erster Linie anorganisch.

2. Reaktivstoffe

[0024] Die im Rahmen der Erfindung verwendbaren Reaktivstoffe können grob in drei Kategorien eingeteilt werden und einzeln oder in beliebiger Kombination im Beschichtungsmittel verwendet werden:

Kategorie 1: Reaktivstoffe zur Reaktion mit dem Grundmaterial. Beispielsweise

- TiAl-Pigmente zur Reaktion mit Ni-Basiswerkstoffen
- Ni-Pigmente zur Reaktion mit Ti-/TiAl-Grundwerkstoffen

Kategorie 2: Reaktivstoffe mit innerer Reaktivität als Reaktionsbeschleuniger mit exothermer Reaktion (lokaler Wärmeerzeugung). Beispielsweise

- NiAl-Pigmente (Metco 404NS): bei Erwärmung in den Bereich von ca. 700 °C erfolgt eine stark exotherme Reaktion unter Bildung von NiAl bei gleichzeitiger Versinterung der Partikel des Matrixbildners.

Kategorie 3: Reaktivstoffe mit reduzierender Wirkung zur Auflösung von Oxidschichten und besseren Verbindungsbildung (z.B. durch Versintern) oder Katalysatoren zur Reaktionsbeschleunigung. Beispielsweise:

- Al-Pigmente, AlNi-Pigmente (Metco 450NS): Umhüllung von Ni-Pulvern mit Al-Pulver: Al-Pulver oxidiert aufgrund hoher Affinität zu Sauerstoff während des Einbrennprozesses und reduziert dabei Oxidschichten und dergleichen.
- Hydride wie beispielsweise Lithiumaluminiumhydrid, Natriumborhydrid, Natriumhydrid.

3. Matrixbildner/Füllstoffe

[0025] Als Matrixbildner können metallische Pulver/Pigmente verwendet werden, die durch die Reaktivstoffe z. B. durch Versinterung verbunden werden. Beispiele hierfür sind hochtemperaturstabile Pigmente wie MCrAlY-Pulver (M=Ni/Co), verschleißvermindernde intermetallische Hartstoffpulver wie Carbide, Silizide, Nitride oder intermetallische Anteile enthaltende Pulver wie T800, Stellite etc.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschichten eines Turbinenbauteils mit einer Verschleißschuttschicht, folgende Schritte

umfassend:

- Bereitstellen eines Beschichtungsmittels, welches zumindest ein Bindemittel, zumindest einen Reaktivstoff und zumindest einen partikelförmigen Matrixbildner umfasst;
- Aufbringen des Beschichtungsmittels auf eine Oberfläche des Turbinenbauteils;
- Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine erste Temperatur, bei welcher das zumindest eine Bindemittel aushärtet; und
- Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine über der ersten Temperatur liegende zweite Temperatur, bei welcher der zumindest eine Matrixbildner mittels des zumindest einen Reaktivstoffs die Verschleißschuttschicht auf der Oberfläche des Turbinenbauteils ausbildet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmittel in streichfähiger Form, insbesondere als Lack und/oder Paste bereitgestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmittel durch Bestreichen und/oder Sprühen und/oder Zerstäuben und/oder Spachteln auf die Oberfläche des Turbinenbauteils aufgebracht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Beschichtungsmittel mit einem organischen und/oder anorganischen Bindemittel bereitgestellt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Bindemittel verwendet wird, welches:

- sich bei der ersten Temperatur chemisch zersetzt; und/oder
- bei der ersten Temperatur chemisch vernetzt; und/oder
- bei der zweiten Temperatur eine Phase der Verschleißschuttschicht bildet.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Reaktivstoff verwendet wird, welcher:

- bei der zweiten Temperatur mit einem Grundmaterial des Turbinenbauteils reagiert; und/oder
- sich bei der zweiten Temperatur exotherm umwandelt; und/oder
- bei der zweiten Temperatur als Reduktionsmittel

tel für Oxide fungiert; und/oder
- bei der zweiten Temperatur als Katalysator für eine Reaktion des Matrixbildners fungiert.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Reaktivstoff zumindest TiAl-haltige Pigmente verwendet werden, wenn das Grundmaterial des Turbinenbauteils ein Nickel-Grundwerkstoff ist, und/oder dass als Reaktivstoff zumindest Ni-haltige Pigmente verwendet werden, wenn das Grundmaterial des Turbinenbauteils ein Titan- und/oder Titan-Aluminium-Grundwerkstoff ist. 5
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Matrixbildner wenigstens ein metallisches und/oder intermetallisches Pulver und/oder wenigstens ein metallisches und/oder intermetallisches Pigment verwendet wird. 10 15 20
9. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Matrixbildner aus einer Gruppe ausgewählt werden, die hochtemperaturstabile Pigmente, insbesondere MCrAlY-Legierungspulverwerkstoffe mit M=Ni und/oder Co, intermetallische Hartstoffpulver, insbesondere Carbide, Silizide und Nitride, und intermetallische Anteile enthaltende Pulver umfasst. 25 30
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste Temperatur in einem Temperaturbereich zwischen 150°C und 350°C gewählt wird und/oder dass die zweite Temperatur in einem Temperaturbereich zwischen 550°C und 750°C gewählt wird. 35
11. Beschichtungsmittel zur Verwendung in einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, umfassend zumindest ein Bindemittel, zumindest einen Reaktivstoff und zumindest einen partikelförmigen Matrixbildner, wobei das zumindest eine Bindemittel ausgebildet ist, beim Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine erste Temperatur auszuhärten, und wobei der zumindest eine Matrixbildner ausgebildet ist, beim Erwärmen des Beschichtungsmittels auf eine über der ersten Temperatur liegende zweite Temperatur mittels des zumindest einen Reaktivstoffs eine Verschleißschuttschicht auf einer Oberfläche eines Turbinenbauteils auszubilden. 40 45 50
12. Turbinenbauteil für eine thermische Gasturbine, insbesondere für ein Flugzeugtriebwerk, mit einer Verschleißschuttschicht,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verschleißschuttschicht mittels eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 und/oder mittels eines Beschichtungsmittels nach Anspruch 55

11 erhältlich und/oder erhalten ist.

13. Turbinenbauteil nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
dieses als Laufschaufel und/oder als Leitschaufel und/oder als Schaufelkranzsegment und/oder als Rotornabe ausgebildet ist.
14. Thermische Gasturbine, insbesondere Flugzeugtriebwerk, umfassend wenigstens ein Turbinenbauteil mit einer Verschleißschuttschicht,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verschleißschuttschicht mittels eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 und/oder mittels eines Beschichtungsmittels nach Anspruch 11 erhältlich und/oder erhalten ist und/oder dass das Turbinenbauteil gemäß einem der Ansprüche 12 oder 13 ausgebildet ist.



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 18 1134

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 99/42633 A1 (MTU MUENCHEN GMBH [DE]; WYDRA GERHARD [DE]; COSACK THOMAS [DE]; HINREI) 26. August 1999 (1999-08-26) * Seite 1, Zeilen 4-16; Ansprüche 1-11 *	1-14	INV. C23C10/30 C23C24/08 C23C26/00
A	WO 2005/052211 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]; ALBRECHT ANTON [DE]; WYDRA GERHARD [DE]) 9. Juni 2005 (2005-06-09) * Ansprüche 1-14 *	1-14	
A	DE 10 2006 028297 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 27. Dezember 2007 (2007-12-27) * Ansprüche 1-14 *	1-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C23C
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		16. Januar 2014	Chalaftris, Georgios
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 18 1134

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-01-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9942633	A1	26-08-1999	DE	19807636 C1		18-11-1999
			EP	1060282 A1		20-12-2000
			ES	2175956 T3		16-11-2002
			JP	2002504628 A		12-02-2002
			US	6440499 B1		27-08-2002
			WO	9942633 A1		26-08-1999

WO 2005052211	A1	09-06-2005	DE	10355234 A1		30-06-2005
			EP	1687458 A1		09-08-2006
			US	2007231586 A1		04-10-2007
			WO	2005052211 A1		09-06-2005

DE 102006028297	A1	27-12-2007	DE	102006028297 A1		27-12-2007
			EP	2035595 A2		18-03-2009
			US	2010330271 A1		30-12-2010
			WO	2007147387 A2		27-12-2007

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1054077 A2 [0002]
- US 5281484 A1 [0002]